

STAKLIBO

**Aktivierung der Bodenkühlleistung für stadtklimatische Konzepte zur
Klimaanpassung am Beispiel der Stadt Neuss**

Boden - Handlungskonzept

Verbundprojekt der

Ruhr-Universität Bochum
Geographisches Institut
Universitätsstrasse 150
44780 Bochum

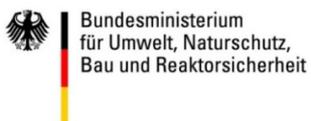


und der

Stadt Neuss
Stabsstelle Klimaschutz und Klimaanpassung
Rathaus, Markt 2
41460 Neuss



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Version Dezember 2017

GIS-Analyse vorhandener Datensätze

In einem städtischen Bodenkonzept werden die stadtklimatisch relevanten Flächen entsprechend ihrer Stufe der potentiellen Bodenkühlleistung kategorisiert. Die Analyse der Eingangsdaten für die Berechnung der Bodenkühlleistung und die Beurteilung der Flächen zur Umsetzung möglicher Verbesserungsmaßnahmen stehen im Mittelpunkt. Es wird eine einfach lesbare Checkliste für Kriterien, die bei der Datenrecherche und -aufbereitung zu beachten sind, erarbeitet. Falls sinnvoll, wird nach „unbedingt notwendigen Daten“ und „wünschenswerte Daten“ abgestuft.

Eine Verschneidung von Thermalbilder, Bodenkarten, Grundwasser-Karten und Nutzungskarten des gesamten Stadtgebietes führt zu einem ersten Bewertungsschema zur potentiellen Bodenkühlleistung von Flächen im Stadtgebiet. Zur Beurteilung der Relevanz der verschiedenen Eingangsparameter wird eine aus Flächennutzung, Bodenparametern und Grundwasser-Flurabstand berechnete Karte für das Kaltluftpotential im Stadtgebiet von Neuss mit der aus den IR-Oberflächentemperaturen im Rahmen des Klimaanpassungskonzeptes entwickelten Karte der Flächen mit Kaltluftproduktion verglichen. Damit werden die mittels GIS-Analyse berechneten Daten echten Messdaten von Thermalbefliegungen gegenübergestellt. Ziel ist es, eine Methode zu entwickeln, die es erlaubt, das Kaltluftpotential von Flächen abzuschätzen, ohne dass eine kosten- und zeitintensive Thermalbefliegung notwendig ist.

1. Die Eingangsdaten für die GIS-Analyse

Das Kühlleistungspotential einer Fläche setzt sich zusammen aus der Kühlleistung der Vegetation über die Evapotranspiration, aus der Wärmespeicherkapazität des Bodens, der Verdunstungsleistung des Bodens und damit der Wasserverfügbarkeit im Boden. Diese ist wiederum abhängig von der aufgrund der Bodenart stark variierenden Bodenfeuchte und einem eventuell vorhandenen Grundwasseranschluss des Bodens.

Zur Übertragbarkeit des Bodenkonzeptes ist es notwendig, die Eingangsdaten so zu wählen, dass sie möglichst in ähnlicher Form in allen Städten verfügbar sind. Es wurden als Eingangsdaten die Realnutzung in Stadtgebiet, die Bodenkarte und die Grundwasser-Flurabstandskarte gewählt. In einem ersten Schritt wurden diese drei Datensätze entsprechend ihrer Relevanz für eine potentielle Bodenkühlleistung reklassifiziert.

Die Karte der realen Flächennutzung

Die Nutzungsdaten wurden in insgesamt 6 Klassen zusammengefasst. Klasse 1 umfasst alle überwiegend versiegelten Flächen. Mit ansteigender Nummer ist jeweils ein höheres Kaltluftbildungspotential zu erwarten. In Klasse 2 sind überwiegend unversiegelte Flächen, die nicht zu den anderen Klassen zugeordnet werden konnten, zusammengefasst. Tabelle 1 listet die in Neuss verwendeten Nutzungsklassen und deren Zuordnung zu jeweils einer der 6 Klassen für das Bodenkonzept auf. Es wurde eine Zuordnung zu den folgenden Klassen vorgenommen:

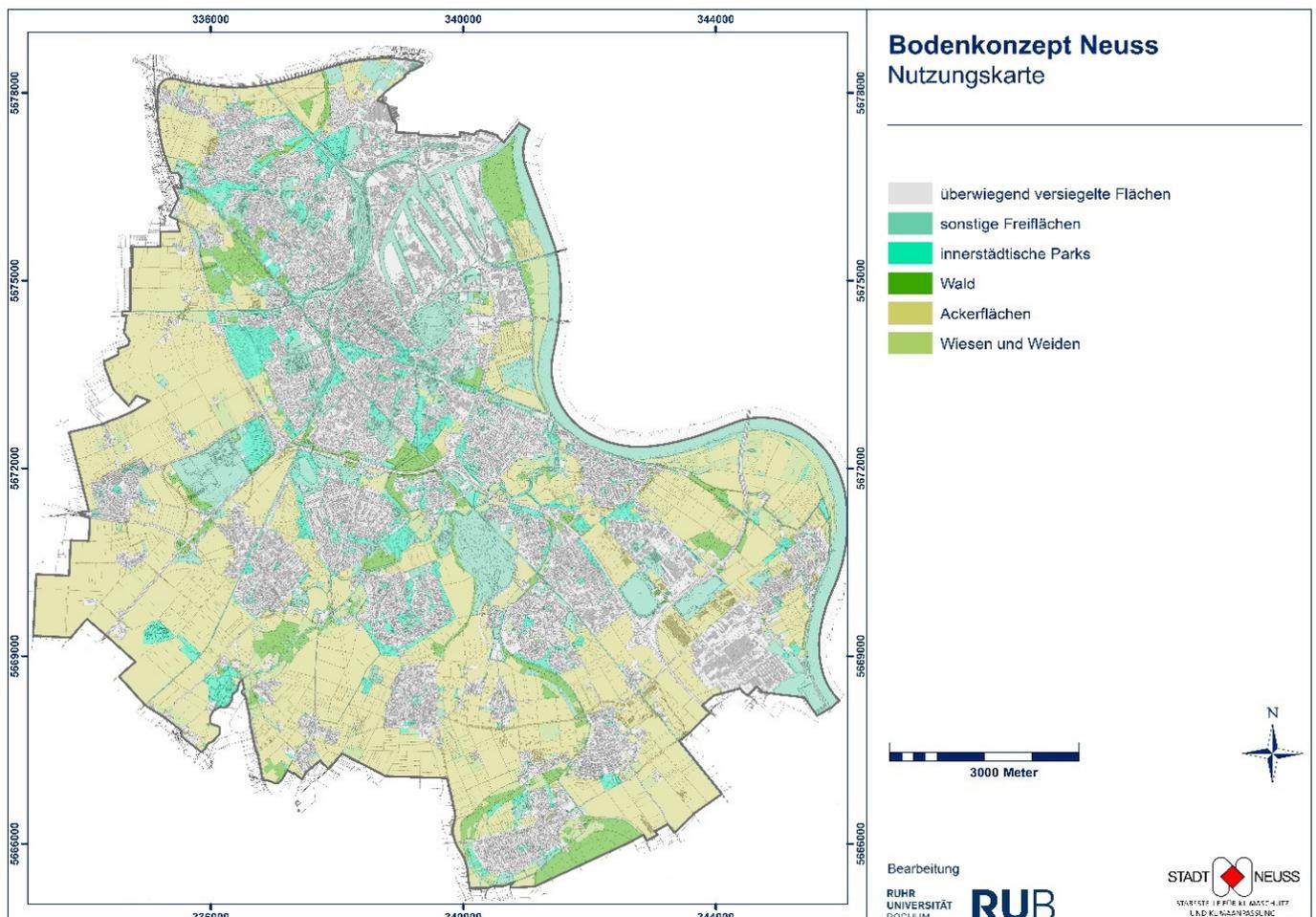
1: überwiegend versiegelte Flächen, 2: sonstige Freiflächen, überwiegend unversiegelt, 3: innerstädtische Parks, 4: Wald, 5: Ackerflächen, 6: Wiesen und Weiden

Karte 1 zeigt die Verteilung dieser 6 Klassen im Stadtgebiet von Neuss.

Tab. 1: Zuordnung der Realnutzungsklassen zu den Nutzungsklassen für das Bodenkonzept

Nart	BESCHREIBUNG	Klasse für Bodenkonzept
1.1	Innenstadt	1
1.2	Altstadt (historischer Stadtkern)	1
2.1	Blockbebauung	1
2.2	Blockrand- oder Zeilenbebauung	1
2.3	Großformbebauung und Hochhäuser	1
2.4	Einzel- und Reihenhausbebauung	1
2.5	Villen mit parkartigen Gärten	2
2.6	Öffentliche Gebäude mit Freiflächen	2
3.1	Kernbereiche der Dörfer	1
3.2	Dörfliche Siedlungs-, Hof- und Gebäudeflächen	1
3.3	Übergangsformen von dörflicher zu städtischer Bebauung	1
3.4	Verstädterte Dorfgebiete	1
3.5	Freistehende Hofanlage	1
4.1	Industrieflächen, stark versiegelte technische Ver- und Entsorgungsanlagen	1
4.2	Gewerbegebiete	1
4.3	Gering versiegelte technische Ver- und Entsorgungsanlagen	2
4.4	Rieselfelder	2
5.1.1	Öffentl. Grün- und Parkanlagen	3
5.1.2	Gering versiegelte Sport- und Erholungsanlagen	2
5.2	Stark versiegelte Sport- und Erholungsanlagen	1
5.3	Friedhöfe	3
5.4	Kleingartenanlagen	3
5.5	Campingplätze	2
5.6	Botanische und zoologische Gärten	3
6.1	Flüsse und Ströme (incl. gering ausgeprägter Uferzonen)	2
6.2	Bachläufe, feuchte Gräben (incl. Uferzonen)	2
6.3	Quellbereiche	2
6.4	Seen und Talsperren (incl. gering ausgeprägter Uferzonen)	2
6.5	Teiche, Tümpel, Weiher etc. (incl. Uferzonen)	2
7.1	Bahnanlagen	2
7.2	Straßenverkehrsflächen	1
7.3	Flugplätze	1
7.4	Kanäle, Hafenanlagen	1
7.5	Sonstige Verkehrsanlagen	1
8.1	Ackerflächen	5
8.2	Grünlandflächen	6
8.3	Landwirtschaftliche Sondernutzungen	5
8.4	Stark versiegelte landwirtschaftliche Nutzflächen	1
8.5	Flächen des Erwerbsgartenbaus	5
9.1	Laubwald	4
9.2	Mischwald	4
9.3	Nadelwald	4
9.4	Schonungen	4
9.5	Aufgeforstete Halden	4
9.6.1	Kleingehölze, Feldgehölz	3
9.6.2	Kleingehölze, linienförmiges Gebüsch	3
9.6.3	Kleingehölze, punktförmiges Gebüsch	3
9.6.4	Kleingehölze, freiwachsende Hecke	3
9.6.5	Kleingehölze, Ufergehölz	3
9.6.6	Kleingehölze, Baumreihe	4
9.6.7	Kleingehölze, Baumgruppe	4
9.6.8	Kleingehölze, Einzelbaum	4
9.6.9	Kleingehölze, Kopfbaumreihe	4
9.6.10	Kleingehölze, Kopfbaumgruppe	4
9.6.11	Kleingehölze, Einzelkopfbäum	4
9.6.12	Kleingehölze, Allee	4
9.6.13	Kleingehölze, Gehölzstreifen	3
10.1	Trockene Abgrabungsflächen	2
10.2	Nasse Abgrabungsflächen	2
10.3	Aufschüttungsflächen	2

11.1	Brachflächen des Innenstadtbereichs	2
11.2	Brachflächen der gemischten Bauflächen/Wohnbauflächen	2
11.3	Brachflächen der Dorfgebiete	2
11.4	Brachflächen der Industriegebiete	2
11.5	Brachflächen der Gewerbegebiete	2
11.6	Brachflächen der Ver- und Entsorgungsanlagen	2
11.7	Brachflächen der öffentlichen Grün- und Parkanlagen	3
11.8	Brachflächen der Sport- und Erholungsanlagen	2
11.9	Brachflächen der Friedhöfe	3
11.10	Brachflächen der Kleingartenanlagen	3
11.11	Brachflächen der Verkehrsflächen	1
11.12	Landwirtschaftliche Brachflächen	5
11.13	Brachflächen der Abgrabungs- und Aufschüttungsflächen	2
11.14	Brachflächen, ältere Sukzessionsflächen	2
12.1	Uferzonen besonderer Bedeutung und Ausdehnung	2
12.2	Hochwasserdämme, Deiche	2
12.3	Stadtmauern, Wälle, Befestigungsanlagen	1
12.4	Großbaustellen	1
12.5	Militärische Anlagen	1
12.6	Naturrelikte (Moore, Heiden, Dünen etc.)	6



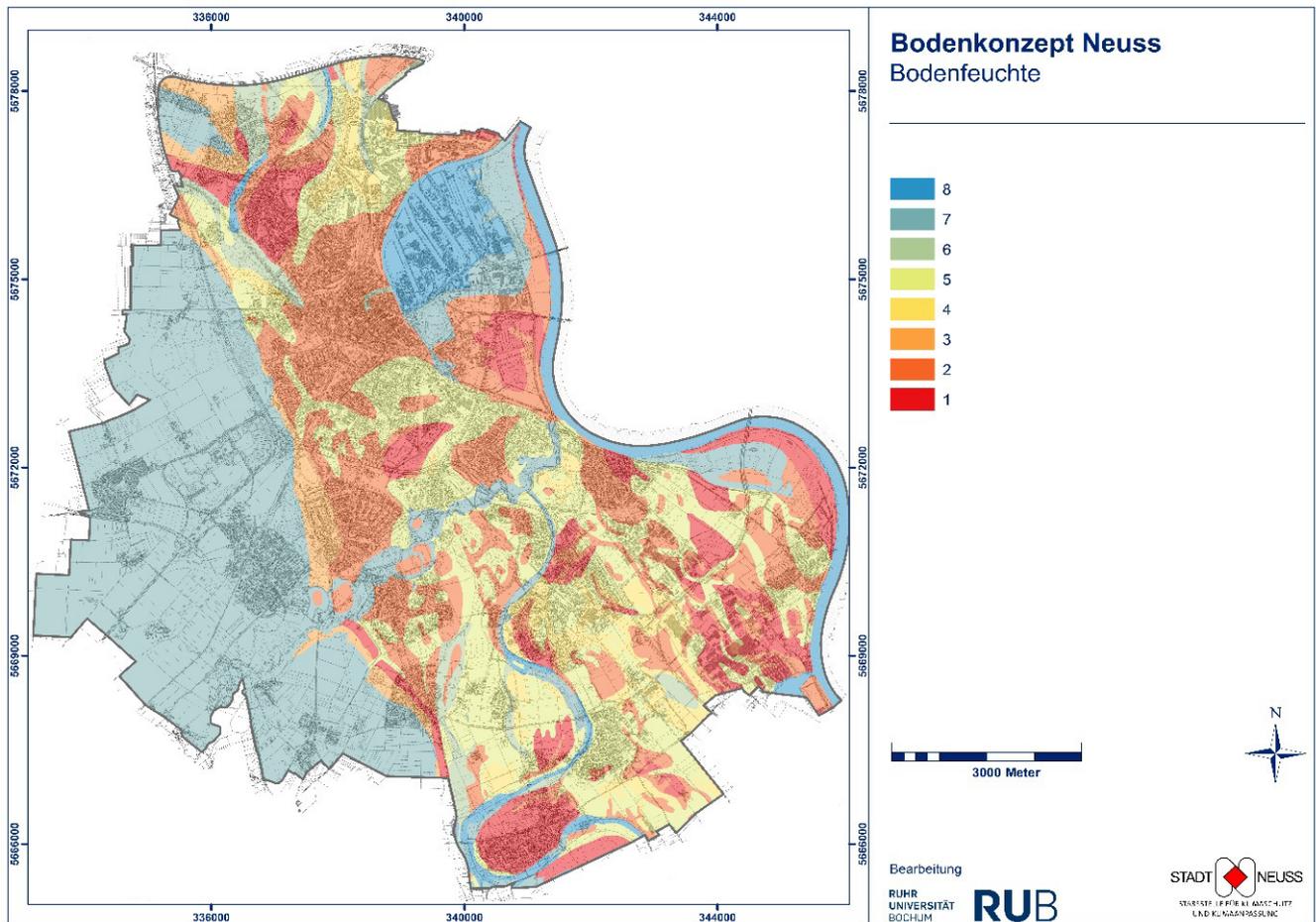
Karte 1: Verteilung der kühlleistungsrelevanten Nutzungsklassen im Stadtgebiet von Neuss

Die Karte der Böden

Hydrologische Parameter wie die Feldkapazität FK, NFK etc. werden maßgeblich von der Korngrößenverteilung und dem Humusgehalt bestimmt. Das daraus resultierende Porenvolumen und die Porengrößenverteilung bestimmen den Wassergehalt des Bodens. Aus der Verteilung der Böden im Neusser Stadtgebiet werden über die Bodenarten unter Zuhilfenahme des Bodenfeuchtedreiecks die in der Karte 2 dargestellten Bodenfeuchteklassen definiert (Quelle: http://www.terragis.bees.unsw.edu.au/terraGIS_soil/sp_water-soil_moisture_classification.html). Das im Korndreieck verwendete „FAO / World Reference Base“ Wertediagramm muss zunächst in die Bodenart nach BK KA4/ KA5 übersetzt werden. (siehe: https://www.gd.nrw.de/zip/bo_Bodenarten-Uebersetzung.pdf; https://www.gd.nrw.de/bo_korngroessen_analyse.htm). Für die Stadt Neuss ergeben sich über die Spalte „BodenART“) insgesamt 8 Bodenarten. Diesen Bodenarten werden über das Bodenfeuchtedreieck die entsprechenden Werte zugeordnet. Nach den Werten der „Soil wetness“ können die 8 Bodenfeuchteklassen von 1 = trocken bis 8 = feucht bestimmt werden. Tabelle 2 listet alle Zuordnungen auf.

Tab. 2: Zuordnung der Bodenarten zu den Nutzungsklassen für das Bodenkonzept

Bodenart	Bodenfeuchteklasse
organisch	8
tonig-schluffig	7
tonig-lehmig	6
stark lehmig-sandig	5
sandig-lehmig	4
sandig-schluffig	3
lehmig-sandig	2
sandig	1



Karte 2: Verteilung der kühlleistungsrelevanten Bodenklassen im Stadtgebiet von Neuss

Karte der Grundwasser-Flurabstände

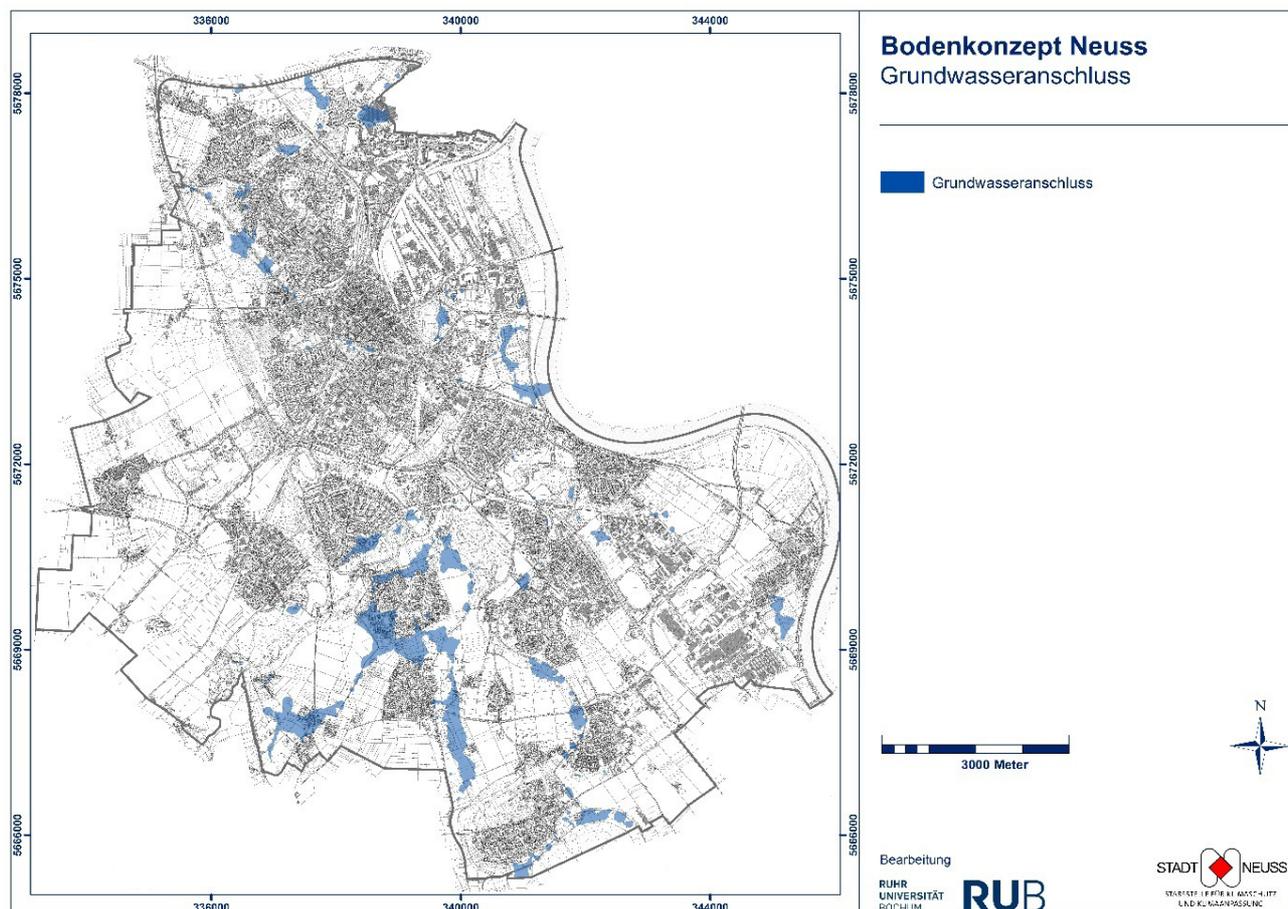
Neben dem Niederschlagswasser kann im Boden ggf. anstehendes Grundwasser verdunsten. Da dieser Prozess nicht unmittelbar an das Auftreten von Niederschlägen gekoppelt ist, zeichnet Böden mit Grundwasseranschluss eine höhere Sicherheit bei der Wasserverfügbarkeit für die Verdunstung im Vergleich zu Böden, die auf Niederschlagsereignisse angewiesen sind, aus. Deshalb wurde grundwasserbeeinflussten Böden ein hohes Verdunstungspotential und damit ein erhöhtes Kühlungspotential zugeordnet.

Über den kapillaren Aufstieg gelangt das oberflächennah anstehende Grundwasser

- entweder bis an die Bodenoberfläche und verdunstet dort (Evaporation)
- oder zumindest bis in den Wurzelraum, wo es von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und für die Transpiration genutzt wird.

Für die Evapotranspiration aus dem Grundwasser sind in der Regel Grundwasserflurabstände kleiner 2,5 m unter GOK; bei ausgesprochen sandigen Böden kleiner 1,5 m unter GOK erforderlich (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Für die Karte 3 der Böden mit Grundwasseranschluss im Stadtgebiet von Neuss wurde ein Flurabstand < 2m als Grenze für den kühlungsrelevanten Anschluss an das Grundwasser festgesetzt. Der Grundwasserflurabstand ist jedoch kein „konstanter“ Bodenparameter, sondern eine systeminterne Zustandsgröße des Bodenwasserhaushalts. In Abhängigkeit von den Prozessen Grundwasserneubildung und

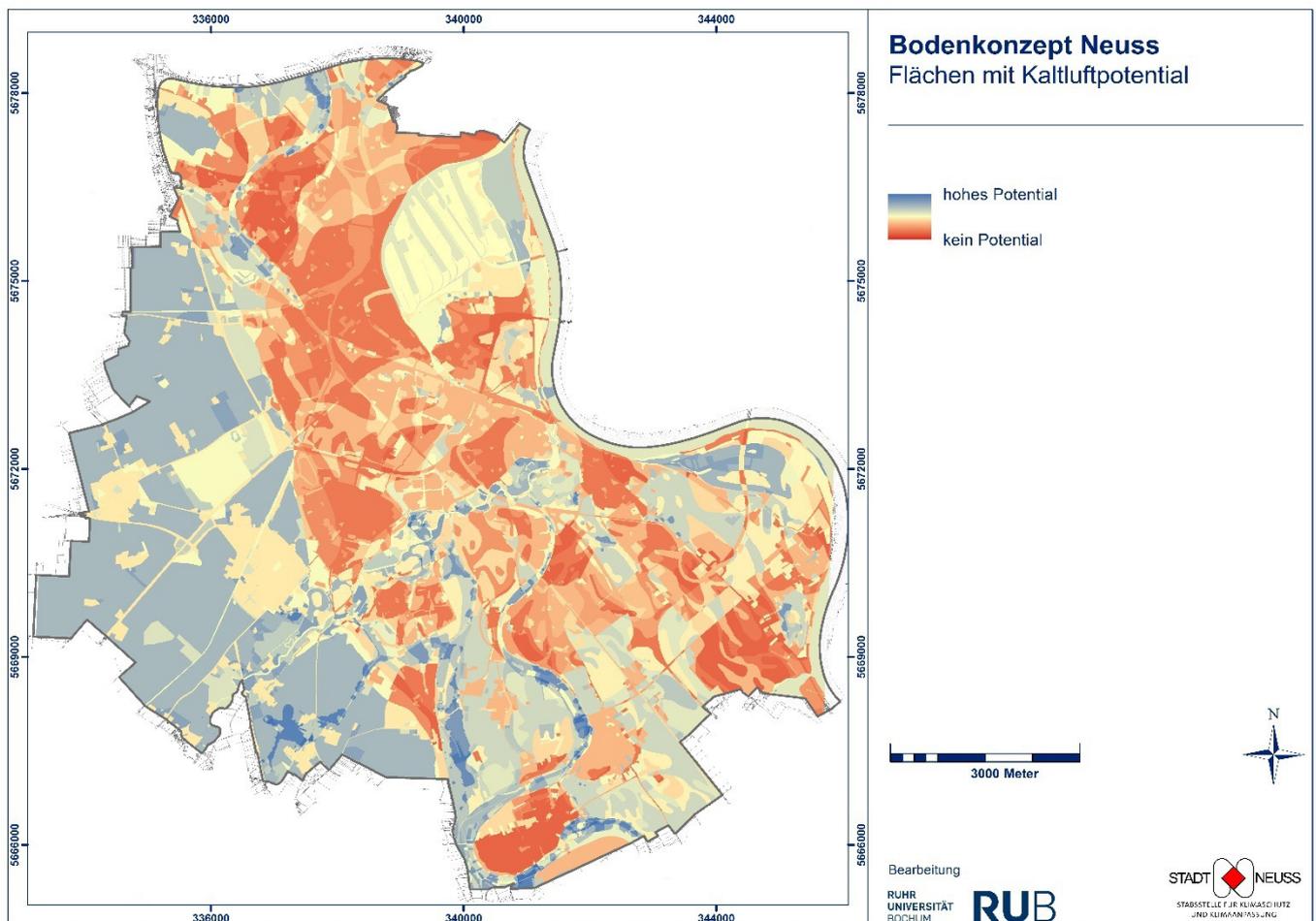
Verdunstung verändert sich der Speicherinhalt eines Grundwasserleiters, so dass der Flurabstand mit der Zeit erheblichen Schwankungen unterliegen kann.



Karte 3: Verteilung der Böden mit Grundwasseranschluss im Stadtgebiet von Neuss

2. Die Karte der Flächen mit Kaltluftpotential im Stadtgebiet von Neuss

Für die Ergebniskarte zur Beurteilung der Flächen mit Kaltluftpotential wurden die Einzelwerte von Nutzung, Boden und GW normiert und aufsummiert. Maximal konnten 3 Punkte erreicht werden, wenn die Nutzungsklasse =6, die Bodenklasse = 8 und Grundwasseranschluss gegeben war. Blaue Flächen haben ein sehr hohes Kühlleistungspotential, rote Flächen nur ein geringes oder kein Kühlleistungsvermögen. Hierzu zählen alle versiegelten Flächen im Stadtgebiet.



Karte 4: Verteilung der Flächen mit Kaltluftpotential im Stadtgebiet von Neuss

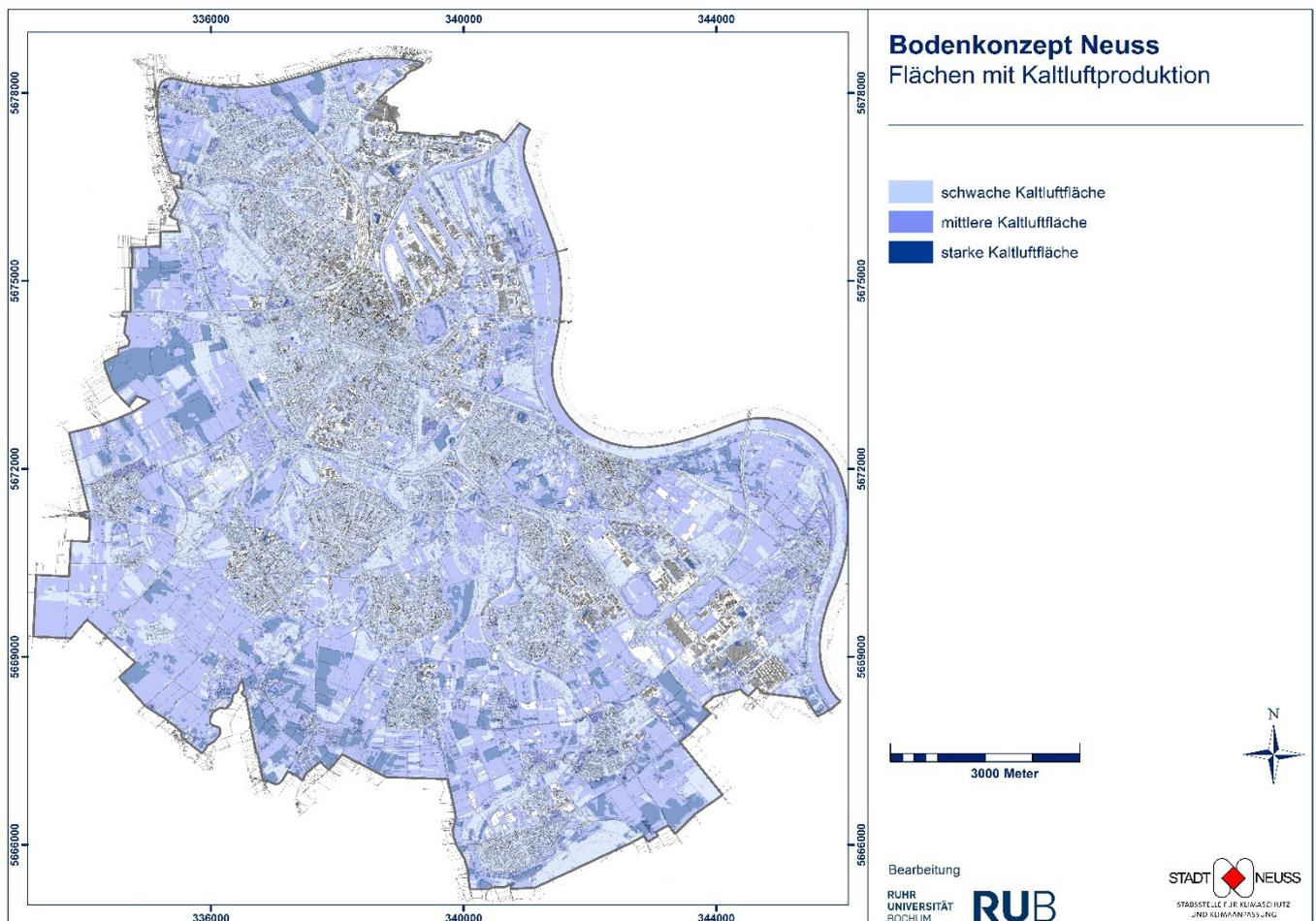
3. Vergleich mit der Karte der Kaltluftproduktion

Zur Beurteilung der Relevanz der verschiedenen Eingangsparameter wird die Karte für das Kaltluftpotential im Stadtgebiet von Neuss mit der aus den IR-Oberflächentemperaturen im Rahmen des Klimaanpassungskonzeptes entwickelten Karte der Flächen mit Kaltluftproduktion verglichen.

Thermalbilder sind in ihrer Eigenschaft der strikten Abbildung der Oberflächentemperaturen für die Beurteilung der stadtklimatischen Situation zunächst nur bedingt nutzbar. Eine höhere Aussagekraft lässt sich durch die Erstellung einer klassifizierten Thermalkarte erreichen. Zu diesem Zweck müssen zunächst die

mittlere Oberflächentemperatur (Tag+Nacht/2) und die nächtliche Abkühlung (Nacht-Tag) auf Grundlage der aktualisierten Thermalbilder ermittelt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Kartenalgebra in GIS. Die mittleren Oberflächentemperaturen werden in vier Klassen gegliedert. Diese Einteilung beschreibt Gebiete mit den Temperatureigenschaften von Kaltluftflächen bis hin zu Wärmeinseln. Für die nächtliche Abkühlung werden drei Klassenbereiche gebildet. Die Ergebnisse werden zu einer klassifizierten Thermalkarte zusammengefügt. Aus der Thermalkarte lassen sich Rückschlüsse auf die Lufttemperatur-Situation in einem Gebiet ziehen. Die Luft wird über den Oberflächen erwärmt oder abgekühlt, das heißt, dass sehr warme Oberflächen zu erhöhten Lufttemperaturen führen. Versiegelte Flächen und Bebauungen speichern viel Energie und kühlen sich auch nachts nur langsam ab. In Verbindung mit einem geringen Luftaustausch in bebauten Stadtgebieten führt dies zur Ausprägung von Wärmeinseln. Freiflächen kühlen nachts sehr schnell ab und haben niedrige Oberflächentemperaturen. Diese kühlen die darüberliegenden Luftschichten und führen zu einer nächtlichen Kaltluftbildung auf den Flächen. Bei austauscharmen Wetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten können die entsprechend der Geländeneigung abfließenden Kaltluftmassen einen erheblichen Betrag zur Belüftung und Kühlung von erwärmten Stadtgebieten leisten.

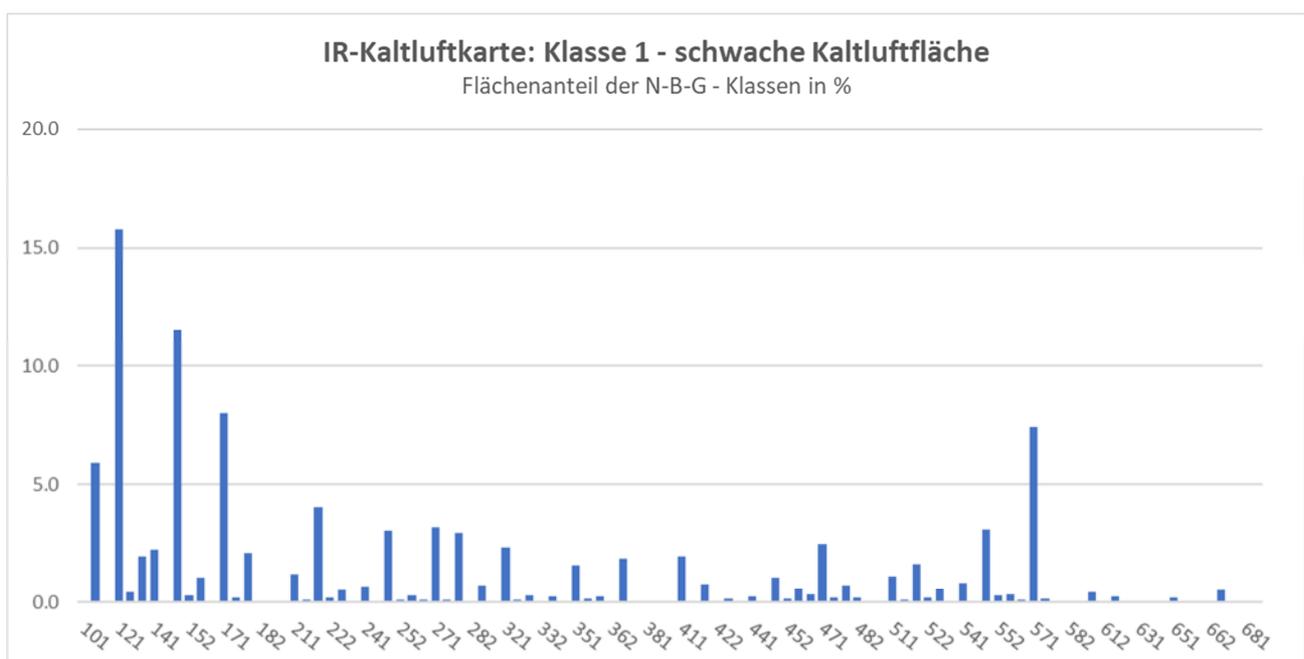
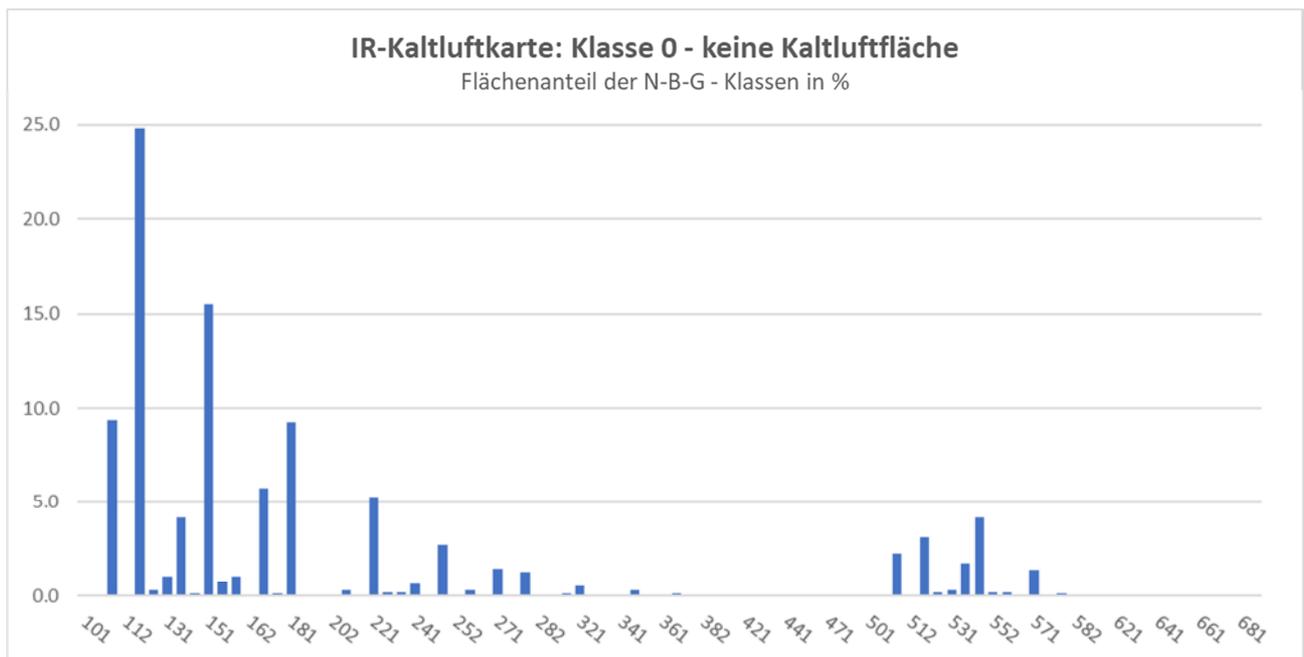
Die Kaltluftflächen wurden entsprechend ihrer Oberflächentemperaturen und ihrer Abkühlungsraten in drei Stufen von schwachen über mittleren bis zu starken Kaltluftflächen eingeteilt (Karte 5).

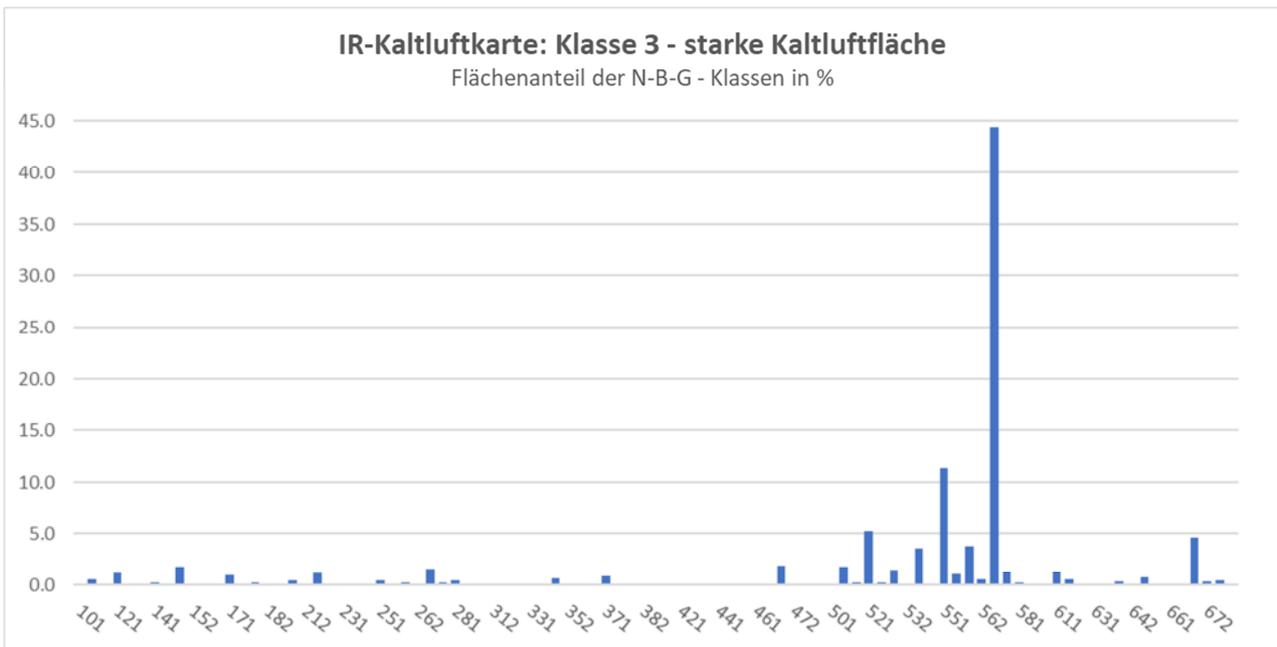
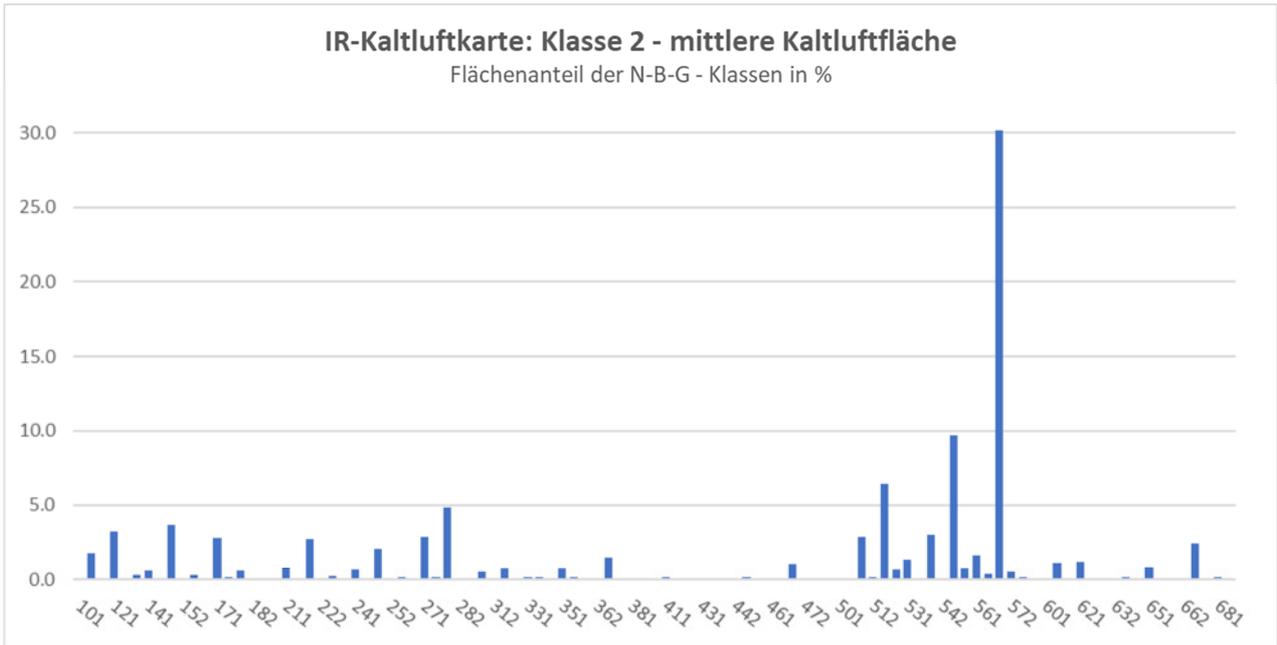


Karte 5: Flächen mit Kaltluftproduktion im Stadtgebiet von Neuss

Ein Vergleich der Karten 4 und 5 zeigt, für welche Parameter es eine Übereinstimmung zwischen den Kaltluftpotentialen zwischen der GIS-berechneten Kaltluftpotentialkarte (Karte 4) und der auf IR-Messungen beruhenden Kaltluftproduktionskarte (Karte 5) gibt.

Die Ergebnisse des Vergleichs sind in den folgenden Abbildungen und ausführlicher in der Excel-Datei „Flächenstatistik“ zusammengestellt. In der Klasse 0 (keine Kaltluftfläche) dominieren die versiegelten Flächen, unabhängig von Zustand des Bodens. Ackerflächen mit feuchten Böden machen den größten Anteil in den Klassen 2 und 3 (mittlere bis starke Kaltluftflächen aus).





Die detaillierten Ergebnisse der GIS-Analyse sind der Exceltabelle zu entnehmen.